Aus dem Anatomischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. W. Graumann

Über den Halteapparat der dauernd wachsenden Schneidezähne von Ratten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Eleni Konstandinidou
aus Xanthi/Griechenland

1964

7802

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. W. Graumann

Über den Halteapparat der dauernd wachsenden Schneidezähne von Ratten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Eleni Konstandinidou
aus Xanthi/Griechenland

1964

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Dekan:	Professor Dr. H. Harms
1.Berichterstatter:	Professor Dr. K. Mörike
2.Berichterstatter:	Professor Dr. W. Graumann

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I. Einleitung und Problemstellung	.....	1
II. Eigene Untersuchungen	.....	5
a) Material und Methodik	.....	5
b) Befunde	.....	6
III. Diskussion	.....	12
IV. Zusammenfassung	.....	20
V. Schrifttum	.....	22

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547607_0018

I. Einleitung und Problemstellung

Dauernd wachsende Zähne kommen bei vielen Ordnungen der Säugetiere vor. Sie finden sich dort, wo die Abnützung besonders stark ist, oder bei Schmuck- und Stoßzähnen, die sich erst mit zunehmendem Lebensalter zu ihrer vollen Größe entwickeln. Selten sind große Teile des Gebisses dauernd wachsend (bei Meerschweinchen und Wühlmäusen sind es die Incisivi und Molares), vielfach sind es nur einzelne Zahntypen, so z.B. die Schneidezähne der Nager, die Stoßzähne der Elefanten, die Hauer des Ebers, die Eckzähne des Muntjak, sowie die Schneide- und Eckzähne des Flußpferdes (LEHNER und PLENK).

Die dauernd wachsenden Zähne sind durch das offene Foramen apicale und das persistierende Schmelzorgan gekennzeichnet. Während bei Zähnen ohne Dauerwachstum das Schmelzorgan nach dem Abschluß des Wurzelwachstums bis auf allenfalls verbleibende M a l a s s e z'sche Epithelreste schwindet, bedeckt das Schmelzepithel der Nagerincisivi die gesamte Schmelzschicht bis zum Zahnfleisch, ja es umgibt am Wurzelende sogar noch ringsum auch den übrigen schmelzfreien Umfang des Zahnes als für die Dentinablagerung formgebende Hülle (v.BRUNN 1891, ROETTER 1889, EMMEL 1937).

Nach ROETTER (1889) bleibt das Schmelzbildungsorgan während des ganzen Lebens bei dauernd wachsenden Zähnen der Nagetiere erhalten; und zwar findet sich an der konkaven Seite eine abgeplattete, dünne Schmelzepithelschicht und auf der konvexen Seite ein verdicktes Schmelzbildungsorgan. Nirgends ist jedoch eine gallertartige Umbildung (Schmelzreticulum) festzustellen, wie sie in der Zahnentwicklung auftritt, denn das Schmelzbildungsorgan bleibt zeitlebens erhalten und das Gallertgewebe entspreche nicht den Bedingungen der Lebensprozesse im Säugetierkörper.

Über den Aufbau der Nagezähne wissen wir, daß nur die labiale, konvexe Seite mit Schmelz überzogen ist. Es besteht keine bindegewebige noch sonstige Verbindung zwischen dem Alveolarknochen und der mit Schmelz bedeckten Fläche der Schneidezähne. Das schmelzfreie Dentin ist bei den Nagerincisivi nicht von Zement bedeckt, die Haltefasern gehen direkt an das Dentin. EMMEL (1937) beschreibt eine Grenzzone der Kollagenfasern, die sich an ihren Enden in feinste Fäserchen aufspalten und sich untereinander verflechten. Diese Grenzzone habe keine Verbindung, sondern nur Berührungskontakt mit dem Dentin, so daß beim Zahnwachstum das Dentin auf dieser Membran ungestört nach vorne gleiten könne. EMMEL ist also der Meinung, daß der ganze Nagezahn trotz seiner oft erheblichen Beanspruchung nirgends mit der Umgebung befestigt ist, denn die Schmelzbildungszone, wo das Schmelzepithel dem in Bildung befindlichen Schmelz aufsitzt, ist auf keinen Fall als Befestigung zu werten.

Bei den dauerwachsenden Molaren der Meerschweinchen kommt jedoch Zement vor, und zwar in zwei Arten, einem Knorpel- und einem Knochenzement.

Bei der Ratte finden wir in jedem Kiefer zwei Nagezähne, die stark nach der Mundhöhle zu gekrümmt sind. Die Zähne im Unterkiefer sind gewöhnlich fast doppelt so lang wie ihre Antagonisten im Oberkiefer. Ihre gebogenen Alveolen überkreuzen in den seitlichen Teilen des Kiefers die der Molaren quer. Die Molaren sind keine dauerwachsenden Zähne. Die gebogene Form der Nagezähne ist insofern günstig, als der Kaudruck nicht in voller Stärke auf die Wachstumszone des Wurzelendes übertragen werden kann.

Die Wurzelhaut (Periodontium) entwickelt sich aus den Zahnsäckchen. Das ist eine Hülle von gefäßhaltigem Bindegewebe, welches dem Schmelzorgan dicht anliegt und nach außen ohne scharfe Grenze teils in die Schleimhaut der Kieferränder, teils in das Periost des Kieferknochens bzw. der Alveolen übergeht. Bei der Entwicklung des Zahnes

werden, nachdem an der konvexen Nagezahnfläche die Bildung der äußerst dünnen ersten Schmelzlage stattgefunden hat, an dem übrigen Umfang die Epithelzellen der Epithelzellen der Epithelscheide durch Faserbündel von Bindegewebe auseinander gedrängt. Die Fasern legen sich an die Oberfläche des Dentins an und verbinden sich mit ihr. Die zunächst sehr zarten und spärlichen Fibrillenbündel nehmen occlusalwärts immer mehr an Menge und Dicke zu, während die Epithelzellen entsprechend ihren Verband verlieren, vereinzelt zwischen die Bindegewebsbündel geraten und vielleicht auch völlig zugrunde gehen, da sie späterhin nicht mehr zu erkennen sind. Aus dieser Entwicklung resultiert eine straffe Verbindung zwischen Zahnoberfläche und Alveolarknochen durch Bindegewebsbündel.

Die Wachstumsgeschwindigkeit von Nagezähnen der Ratten, die unter normalen Bedingungen leben, beträgt nach Angaben von WENZEL (1868) bis zu 0,5 mm in 24 Stunden, wobei die Durchschnittswerte der unteren Zähne höher liegen als die der oberen. WORTMANN (1934) gibt als Durchschnittswerte für die oberen Nagezähne 0,4 mm an Tag, für die unteren 0,47 mm am Tag an. WORTMANN untersuchte auch die Wachstumsgeschwindigkeit an gekürzten und somit funktionslos gemachten Zähnen und stellte fest, daß diese dann mit ungefähr der doppelten Geschwindigkeit nachgeschoben werden.

Die Problemstellung der dauernd wachsenden Zähne liegt vor allem darin: Die Zähne werden durch Wachstum dauernd aus der Alveole geschoben. Gleichzeitig findet eine nur wenig unterbrochene Beanspruchung des freien Zahnendes statt, die den Zahn in die Alveole drückt. Zum Auffangen des Kaudruckes muß der Zahn in der Alveole befestigt sein. Wie verhält sich aber diese Befestigung trotz des dauernden Wachstums?

Einige Autoren haben sich mit der Frage der Fixation der Nagerzähne durch das Periodontium und die andauernde Durchbruchsbewegung befasst und sind zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen über die Art beider Mechanismen gelangt.

ROETTER (1889), der seine Untersuchungen an den Schneidezähnen der weißen Maus machte, hat angenommen, daß die Nagerzähne o h n e Parodontiumverbindungen in ihren Alveolen stecken. Eine ähnliche Auffassung trägt auch EMMEL (1937) vor, wie bereits erwähnt. Hierbei soll nach ROETTER der Kaudruck allein durch die Krümmung des Zahnes in der gleichgekrümmten Alveole aufgefangen werden, ohne daß dabei das Wurzelende belastet wird. Es würde also die Kaudruckbelastung sich als Druck der vom Schmelz und vom Schmelzepithel überzogenen Konvexseite des Zahnes auf das anliegende und wie ein Druckkissen wirkende Periodontium auswirken. VON BRUNN lehnte bereits 1891 zu Recht diese Ansicht ROETTER's ab. Er untersuchte allerdings selbst nicht die Verbindung der Schneidezähne der weißen Maus mit der Alveole, sondern diskutiert darüber, daß wohl eine dauernde Lösung und Neuherstellung der Verbindung zwischen Zahn und Alveolarknochen stattfinden müsse.

Eine ganz andere Erklärung wird von MACH (1925) gegeben, welcher beschreibt, daß die dauernd wachsenden Zähne der Nager i n d e n K i e f e r h i n e i n w a c h s e n .Der Zahn erhebe sich dadurch über den Alveolarrand, dass dieser durch Abbau immer entsprechend niedergelegt wird. Das Wachstum des Kieferknochens gehe so vor sich, daß sich neue Knochenbalken durch Apposition von hinten her anlagern, die im selben Ausmaß, wie der Zahn okklusal abgekaut wird, an die Kaufläche heranrücken, um dort dann wieder der Resorption zu verfallen.

Daraufhin hat sich SICHER (1925) eingehend mit der Frage der Befestigung dauernd wachsender Zähne beschäftigt, wozu er Molaren von Meerschweinchen untersuchte. Er fand eine Erklärung für die gleichzeitige Befestigung während der dauernden Vorschubbewegung in einem besonderen Bau des Parodontiums, in welchem er einen "Plexus intermedius" beschreibt, wo mechanische und organische Veränderungen stattfinden sollen, während die zwischen diesem Plexus intermedius und dem Alveolarknochen einerseits und

zwischen dem Plexus intermedius und dem Zahnzement andererseits liegenden Haltefasern konstant bleiben sollen.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist zu untersuchen, wie die Schneidezähne der Nager trotz der dauernden Wachstumsbewegung in der einen Richtung und des dauernden Kaudruckes in der anderen Richtung befestigt sind.

II. Eigene Untersuchungen

a) Material und Methodik

Als Untersuchungsmaterial dienten die Nagezähne weisser Laborratten.

Neben zahlreichen Vergleichspräparaten von Schneidezähnen größtenteils ausgewachsener Ratten wurden an 5 erwachsenen Ratten folgende Versuche vorgenommen: Die rechten oberen und unteren Incisivi wurden in Aethernarkose bis knapp distal vom Zahnfleischrand gekürzt. Die Kürzung auch der linken Incisivi wurde unterlassen, damit nicht etwa die Stummel dem Kaudruck ausgesetzt würden. Hierdurch dürften die gekürzten Zähne durch die erheblich längeren linken Incisivi vor der Kaubelastung geschützt geblieben sein.

Eine Ratte wurde nach 24 Stunden, zwei weitere nach 48 Stunden, die vierte nach 5 Tagen getötet. Bei den beiden letzten wurden die nachgewachsenen Zähne nach 5 Tagen nochmals gekürzt und die Tiere nach weiteren 5 Tagen ebenfalls getötet.

Die Ober- und Unterkiefer sämtlicher Ratten wurden zunächst in Susa durchfixiert, sodann in 4%iger Salpetersäure entkalkt, wonach normale Einbettung in 60°-Paraffin erfolgte und die Präparate teils in Serien teils in Auswahl sowohl längs als auch quer oder schräg geschnitten wurden.

Färbung: Haem.-Eosin; einzelne Schnitte oder Serien blieben zur Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop ungefärbt oder wurden nur schwach mit Haemalaun angefärbt.

b) Befunde

Das Parodontium und die Fibrae alveolodentales, der Aufhängeapparat der Nagezähne der Ratte entsprechen weitgehend dem bei den Zähnen des Menschen und anderer Säuger beschriebenen. Die Fasern verlaufen allerdings vom Knochen zum Dentin, da kein Zement vorhanden ist. Die Faserbündel sind im Knochen deutlich als Sharpey'sche Fasern verankert. Die Verlaufsrichtung vom Knochen zum Dentin ist nicht quer, sondern wie bei den Zähnen ohne Dauerwachstum stets in apikaler Richtung. Kurz vor der Dentinoberfläche sind die groben Fasern in feinste Fäserchen aufgesplittert, die an der Dentinoberfläche plötzlich aufzuhören scheinen, ohne in dieses überzutreten. Im Dentin sind keinesfalls Fortsetzungen als Sharpey'sche Fasern zu erkennen. Ein Abbiegen der Fäserchen in eine das Dentin umhüllende Gleitmembran, wie sie EMMEL (1937) beschreibt, ist lichtmikroskopisch nirgends zu finden. Im Polarisationsmikroskop sieht man jedoch neben den Fäserchen, die in Fortsetzung der Hauptrichtung der Fibrae alveolodentales auf das Dentin zugehen, noch Nebenfäserchen, die etwas mehr senkrecht auf das Dentin zukommen, aber ebenfalls dort zu enden scheinen. Es konnte vorläufig noch nicht entschieden werden, ob die Fasern und Fäserchen tatsächlich blind am Dentin endigen, oder ob nicht doch durch plötzliche Richtungsänderung die Fäserchen in die oberflächenparallel verlaufenden Dentinfasern umbiegen. Verschiedenartige Beobachtungen dieser Art könnten auch durch Schrägschnitte erklärt werden.

Die Blutgefäße im Periodontalspalt sind zahlreicher und meist auch größer als beim menschlichen Zahn. Sie liegen nicht in der Mitte des Spaltes, sondern sehr nahe am Alveolarknochen. Dieser ist dadurch vielfach etwas gezackt und die zwischen den Gefäßnischen befindlichen Zacken

strecken sich in die dort verankerten Faserbündel hinein. Dadurch sind die Faserbündel an den Stellen, wo die Gefäße liegen, nicht kontinuierlich, sondern durch die Gefäße auseinandergedrängt.

Die Zellen im Parodontium des Nagerzahnes sind auffällig zahlreicher als die des menschlichen Zahnes, kenntlich an den sehr viel dichter gelegenen Zellkernen (Abb.1). Diese Zellkerne sind außerdem an den Rändern, d.h. in Knochen- bzw. Dentinnähe, dichter und kleiner, hingegen in der Mitte des Periodontalspaltes auffällig größer und lockerer.

Abgesehen von der Gegend um die Wurzelspitze verlaufen im Parodontium die Faserbündel in deutlich erkennbarer Richtung und im wesentlichen gestreckt. In der Gegend um die Wurzelspitze ist ein weicheres Bindegewebspolster zu finden, in dem die Fasern keine einheitliche Richtung innehaben, doch zeigt sich eine Vorzugsrichtung radiär um die Wurzelspitze herum.

Die Faserbündel sind sowohl an ihren alveolarknochennahen wie an ihren dentalen Enden besonders deutlich als straff gespannt zu sehen. In den dazwischen gelegenen Regionen sieht man ihren durchgehend straffen Verlauf jedoch nur dort, wo sie durch keine Gefäße gestört sind. Dies ist besonders auffällig an Querschnitten (Abb.2). Wo hingegen Blutgefäße im Periodontalspalt enthalten sind, ziehen die Faserbündel um diese herum, so daß an den zahlreichen Gefäßpartien die Alveolarfaserzüge aufgelockert erscheinen. Dem Text und den Abbildungen in der Abhandlung SICHERs ist zu entnehmen, daß er solche scheinbar aufgelockerten Zonen als "Plexus intermedius" bezeichnete. Daß aber auch in den Gefäßzonen die Fasern ihre Hauptrichtung beibehalten und nicht ungerichtet sind oder vorzugsweise in Parallelrichtung zur Zahnoberfläche liegen, ist gut im Polarisationsmikroskop zu verfolgen; man sieht dies sogar im gefärbten Präparat an der Lage und Richtung der länglichen Fibrozytenzellkerne (Abb.3).

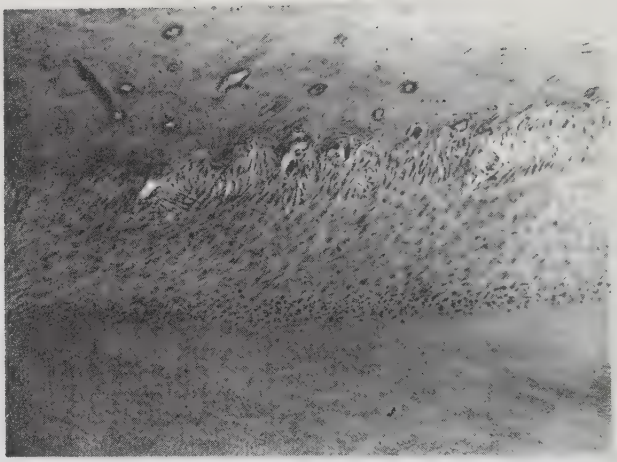

Abb. 1. Längsschnitt durch das Periodontium der Konkavseite eines normalwachsenden Rattenschneidezahnes. Wachstumsrichtung des Zahnes nach rechts. Auffällig ist die Dichte der Bindegewebszellen sowie die Größenverhältnisse ihrer Zellkerne. In der Nähe Alveolarknochens und des Zahnes sind die Zellkerne deutlich kleiner und stärker anfärbbar als in der breiten Zwischenzone.
140-fach

Das Periodontium der im Versuch gekürzten und rascher wachsenden Zähne zeigte in keinem Falle Verschiedenheit von dem normal belasteter und normal wachsender Zähne. Allenfalls hat man den Eindruck, daß im apikalen Bereich ein etwas größerer Zellreichtum vorhanden ist. Falls dieser Eindruck richtig ist, dürfte er wohl mit dem beschleunigten Wachstum zusammenhängen.

Die Breite des Periodeontalspaltes wurde an Quer- und Längsschnitten gemessen. Sie beträgt durchschnittlich nach 30 Präparaten 0,18 mm, mit einem Maximum von 0,30 und einem Minimum von 0,10 mm.

Anhand zahlreicher Mikrofotos von Längsschnitten wurden die Winkel der Periodontalfasern zur Längsachse der Zähne gemessen. Sie betragen nach 96 Messungen an 32 Präparaten durchschnittlich 38° und sind im apikalen Bereich immer etwas kleiner als im Zahnhalsbereich.

Meßstelle	Anzahl der Messungen	Winkel Min.	Max.	Durchschnitt
Zahnhalswärts	32	31°	80°	41°
Mitte	32	20°	60°	39°
Apikalwärts	32	29°	50°	36°

Auch hierbei ließ sich kein Unterschied zwischen dem Faserverlauf der gekürzten mit dem der normal wachsenden Zähne feststellen.

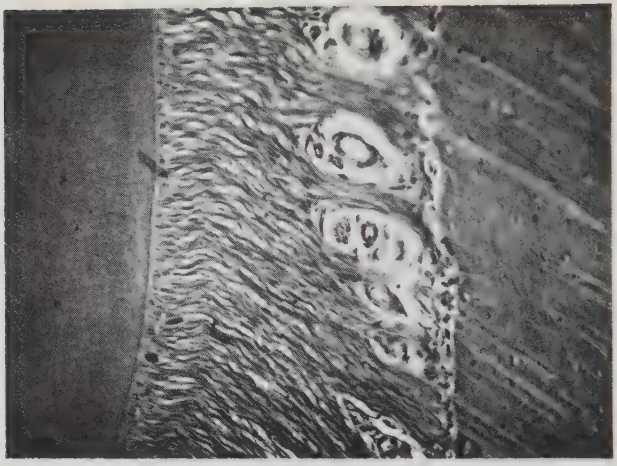

Abb. 2. Querschnitt durch das Periodontium eines normalwachsenden Rattenschneidezahnes. Trotz der zahlreichen alveolarknochennahen Gefäße verlaufen die Zahnhaltefasern direkt zwischen Knochen und Dentin; ein "Plexus intermedius" ist nicht vorhanden. Im Knochen (rechts) sind die Sharpeyschen Fasern als hellere Streifen zu sehen, die die Reichtung der Haltefasern fortsetzen.
300-fach

Abb. 3. Längsschnitt durch das Periodontium wie Abb. 1. Wachstumsrichtung nach rechts. Auch hier verlaufen die Haltefasern zwischen den Gefäßen größtenteils in derselben Richtung wie im übrigen Periodontium, was an der Stellung der länglichen Zellkerne zu erkennen ist.

140-fach

III. Diskussion

Die Annahme ROETTERs, daß der Zahn in einer nur am vorderen und hinteren Ende offenen Röhre stecke und nicht mittels Fasern mit dem Knochen verbunden sei, ist abzulehnen. In allen unseren Präparaten ist i m m e r ein Periodontium zu sehen mit bündelförmiger Anordnung der Fasern, die geradlinig zwischen Zahn und Knochen verlaufen. Trotzdem kann sich der Nagezahn ungestört innerhalb seiner Alveole und damit auch gleichzeitig mit dem Schmelzbildungsorgan verschieben. Auch die nicht dauernd wachsenden (z.B. menschlichen) Zähne sind während ihres Durchbruchs fest mit der Alveole verbunden; ähnliche Bilder zeigt auch TROTT (1962) an den durchbrechenden Rattenmolaren. Dies spricht gegen den Schluß, daß von zwei miteinander durch direkte Fasern verbundenen Flächen sich die eine gegen die andere nicht verschieben könne.

Auch die Auffassung MACHs, daß das scheinbare Zahnwachstum in Wirklichkeit ein Abbau des Knochens am Vorderende des Zahnes unter gleichzeitigem Anbau hinter der Zahnwurzel sei, ist durch SICHERs Ausführungen hinreichend widerlegt.

Jedoch konnte auch SICHERs "Plexus intermedius" nicht bestätigt werden. SICHER unterscheidet im Periodontium drei Abschnitte des Faserverlaufs: 1) die Fibrae alveolares, 2) die Fibrae dentales und 3) den dazwischen gelegenen Plexus intermedius. Die Fibrae alveolares, die in den Knochen einstrahlen, sind schräg abwärts gegen das Wurzelende gerichtet und gehen in den Plexus intermedius über. Dieser selbst bestehe aus solchen Fasern, die die Fortsetzung der Fibrae alveolares wie der dentales sind, und andererseits aus solchen, die dem Plexus selbst eigen seien. Diese liefen im Gegensatz zu der schrägen Richtung der anderen fast alle in Längsrichtung des Zahnes parallel oder kreuzen sich in spitzem Winkel. Die Anordnung der Fibrae

dentales sei je nach dem Verhalten des Zements verschieden; bald seien sie dicht und gleichmäßig, bald wieder zu Bündeln vereinigt.

Die dauernde Verschiebung des wachsenden Zahnes gegen die Alveolarwände erklärt SICHER mit sowohl mechanischen wie organischen Veränderungen im Halteapparat, die beide eine Anpassung des Fixationsapparates ergeben. Die mechanischen Veränderungen bestehen in Lösungen und Umlagerungen der Fasern, die organischen in Auflösungen und Neubildungen. Diese Veränderungen sollen nur im Plexus intermedius vor sich gehen und dort neue Verbindungen von sich überkreuzenden Fasern liefern. Völlig unbeeinflußt von diesen Veränderungen soll hingegen der Faseransatz am Knochen und am Zement bleiben. In der Ruhe dieser organischen Prozesse sollen dann die mechanischen Umlagerungen stattfinden, die automatisch die Spannung der gekreuzten Bündel während der kleinen Verschiebungen des Zahnes aufrecht erhalten.

Bei meinen Untersuchungen an Incisiven konnte ich feststellen, daß in diesem "Plexus intermedius" die Fasern in Wirklichkeit ihre Hauptrichtung beigehalten und nicht in Längsrichtung parallel zum Zahn umbiegen.

Auch beim Durchbruch nicht permanent wachsender Zähne wurde von verschiedenen Autoren ein vorübergehender "Plexus intermedius" festgestellt. TROTT (1962), der den Durchbruch von Molaren der weißen Ratte vom 7.Lebenstag bis zum 11. Monat untersuchte, konnte ebenfalls zeigen, daß ein Plexus intermedius mit aus der Hauptrichtung abbiegenden Fasern nicht existiert.

Doch bleibt die Forderung SICHERs zu Recht bestehen, daß bei daeernd wachsenden Zähnen und in ihrer Richtung dabei verharrenden Haltefasern irgendwo ein ständiger Umbau erfolgen muß.

Würden nämlich die Haltefasern zwischen ihren befestigungsstellen am Alveolarknochen und am Dentin (bzw. Zement) bestehen bleiben, so würde nach kurzer Zeit der durchschnitt-

lich gemessene Winkel von 40° nicht mehr anzutreffen sein, er müsste sich vergrößern und in weniger als einem Tag weit über 90° hinaus in die gegenteilige Richtung umgeschlagen sein (Abb.4). Dies würde außerdem bedeuten, daß die Fasern des Halteapparates keine Haltefunktion mehr ausüber könnten und besonders dem Kaudruck keinen Widerstand mehr entgegensetzen könnten.

Bei der mittleren Breite des Periodontalspaltes von 0,18 mm und einer durchschnittlichen Wachstumsgeschwindigkeit von 0,45 mm am Tag würden die Fasern bereits nach 1 Stunde den Winkel von 42 1/2°, nach 6 Stunden den von 61° und nach weiteren 18 Stunden den von 132 1/2° erreichen (Abb.4).

Nicht alle Fasern verlaufen in der als durchschnittlich berechneten Richtung von 40°. Als Minimum wurden 20°, als Maximum 80° gemessen. Nimmt man zunächst an, daß die neu angelegten Faserbündel unter dem steilsten Winkel von 20° eingebaut würden und diese dann zwischen ihren Befestigungsstellen erhalten blieben bis sie durch das Vorrücken des Zahnes die als maximal gemessene Richtung von 80° erreicht hätten, so würden sie dafür im 0,18 mm breiten Periodontalspalt 24 3/4 Stunden benötigen (Abb.5). Unter dieser Annahme müssten aber die zahlreichen, allerdings knochennah gelegenen Blutgefäße des Periodontiums entweder dauernd etwas nach distal mitwandern, also schließlich distal abgebaut werden und neue proximal angelegt werden; oder sie würden vielleicht auch jeweils nur ein Stück mitgenommen werden, um dann in der kurzen Zeit zwischen Abbau der flachverlaufenden und Neueinbau der steil verlaufenden Fasern wieder in ihre Ausgangsstellung zurückverlagert werden. Weder die eine noch die andere Annahme erscheint berechtigt, zumal eine solche Ortsbewegung von Blutgefäßen ganz erhebliche dauernde Wachstumsvorgänge, Verlängerung und wieder Verkürzung, oder Anbau und Neubau zur Grundlage haben müssten. Hierfür sind aber keine Anzeichen in den Präparaten zu erkennen.

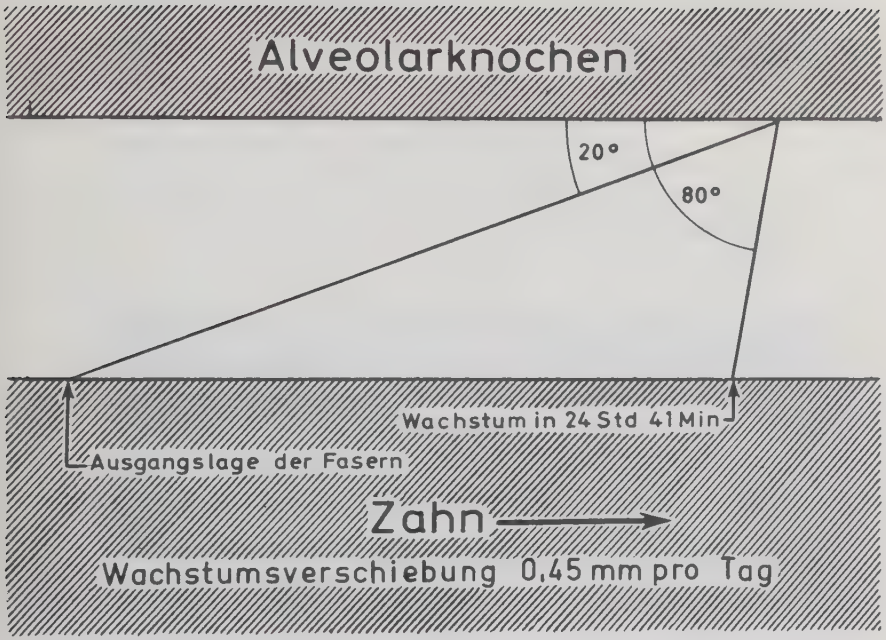

Abb.5. Schema des Periodontiums mit Einzeichnung der kleinsten und größten gefundenen Winkel der Periodontalfasern. Bei Annahme eines Neueinbaus der Fasern unter 20° würden diese nach 24 3/4 Stunden die Stellung von 80° erreicht haben.

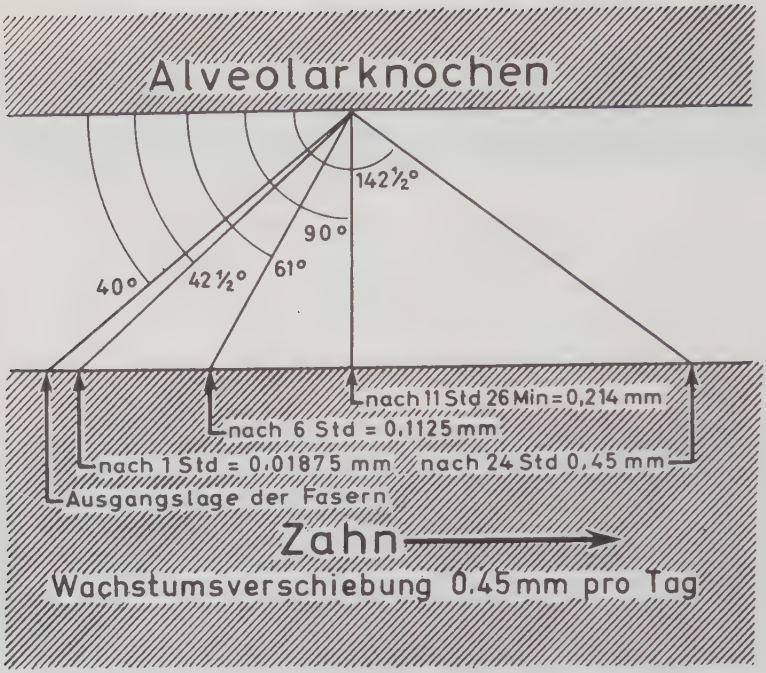

Abb.4. Schema der Winkeländerung der Haltefasern von ihrer durchschnittlichen Ausgangslage bei 40°, die während verschiedener Zeiten des Zahnvorschubes eintreten müsste, falls kein Faserumbau stattfinden würde.

Außerdem würden die im Alveolarknochen grob als Sharpey'-sche Fasern verankerten Haltefaserbündel immer wieder erheblich abgeknickt werden, was nach den Beobachtungen von ALTMANN (1963) nicht einmal bei den Einstrahlungen von Muskelsehnen in das Periost vorkommt. Dort sind die Befestigungsfasern so eingebaut, daß während der Winkeländerung des Muskels keinerlei Abknickungen auftreten.

Es bleiben daher für die Erklärung der dauernden Faserumbauvorgänge nur noch zwei Möglichkeiten offen. Die eine ist die, daß die zwischen Alveolarknochen und der Gefäßzone befindlichen Fasern sowie die zwischen der Gefäßzone und dem Dentin befindlichen Fasern in ihrer Richtung jeweils konstant bleiben, jedoch würden die mit dem vorwachsenden Zahn ebenfalls vorwandernden am Dentin haftenden Fasern immer wieder ihre Verbindungen mit den um die Blutgefäße verlaufenden Fasern lösen und weiter vorne neu binden. Ein derart ständiger Umbau in der Blutgefäßregion entspricht der Annahme SICHERs über den Umbau im "Plexus intermedius".

Die andere Erklärung ist die, daß die örtliche Faserrichtung im Wesentlichen beibehalten wird unter nahezu ständigem Umbau des Gesamthalteapparates wegen des Zahnweiterschubs richtungsgeänderter Fasern in solche der allgemeinen Richtung.

Da unseren Beobachtungen nach die Fasern nicht in einen die Blutgefäße umhüllenden Plexus intermedius übergehen, sondern dort nur scheinbar aufgelockert sind und im wesentlichen zwischen den Blutgefäßen hindurch und um diese herum ihre Hauptverlaufsrichtung beibehalten, erscheint die zweite Erklärung wahrscheinlicher.

Wie MÖRIKE (1954, 1961, 1962) an den Epithelfasern (Tonofibrillen) des Nagelbettepithels (Hyponychium) zeigen konnte, müssen dort entsprechende, fast fortwährende Umlagerungen bzw. Abbau und Neubildung der Tonofibrillen stattfinden, um den ziemlich regelmäßigen Verlauf dieser Fasern von distalbasal nach proximal-oben zur Unterseite des verhältnismäßig rasch wachsenden Nagels zu erhalten. In dem

Nagelbettepithel befinden sich keine Blutgefäße, auch ist dort kein Plexus intermedius vorhanden, so muß also dort der Umbau in der ganzen Epithelbreite stattfinden. Eine dem Plexus intermedius vielleicht entsprechende Anordnung der Epithelfasern ist lediglich im nagelwurzelwärts gelegenen Bildungsteil, dem Matrixepithel, zu sehen, wo in der Mitte der Epithelschicht die oberhalb und unterhalb in normaler Beanpruchungsrichtung verlaufenden Fasern in die Horizontale einbiegen und sich durchflechten. Doch sind auch dort keine etwa den Blutgefäßen entsprechenden anderen Substrate als Epithelzellen zu finden.

Aus dem Vergleich mit dem Tonfibrillenverlauf des Nagelbettes dürfte der Schluß berechtigt sein, daß auch im Periodontium der dauernd wachsenden Nagerincisivi ein fortwährender Umbau der Haltefasern stattfinden muß, der sich nicht etwa nur am sogenannten "Plexus intermedius" nach SICHER abspielt, sondern über die ganze Breite des Periodontiums verteilt ist. Es ist dabei vielleicht möglich, daß die Fasern eine oder wenige Stunden mitgenommen werden, wobei sich allerdings auch während dieser Zeit die in ihrer Richtung schwenkenden Fasern verkürzen müssen, da sie sonst locker würden und die einem erheblichen Kaudruck standhaltende Befestigung des Zahnes nicht mehr gewährleistet wäre.

Die bereits erwähnte Beobachtung, daß im Mittelstreifen des Periodontiums die Kerne der Bindegewebszellen (Fibrozyten) meist auffällig größer sind, spricht vielleicht für deren höhere Aktivität. Findet man doch im allgemeinen bei Zellen mit höherer Aktivität größere Zellkerne als bei solchen mit geringerer Aktivität, was auch als "Funktionelle Kernschwellung" (BENNINGHOFF 1950) bezeichnet wird. Demnach würde also der Faserumbau vorwiegend in dem breiten Mittelstreifen des Periodontiums zwischen der Gefäßschicht und einer Randschicht um das Dentin stattfinden, also nicht in einem Plexus intermedius der Gefäßschicht.

Auf jeden Fall erlauben uns die Beobachtungen und Messungen den Schluß, daß innerhalb der kurzen Zeit vom Bruch-

teil eines Tages, möglicherweise innerhalb weniger Stunden, der gesamte Halteapparat erneuert werden muß.

Aus der Feststellung, daß die Richtungen der Haltefasern auch bei den unbelasteten, gekürzten Zähnen nicht anders gefunden wurden, ist zu entnehmen, daß sie nicht erst auf den Belastungsdruck hin in die Normalrichtung eingebaut werden und etwa am unbelasteten Zahn weiter nach distal mitwandern. Der ständige Umbau erfolgt also nicht auf rein mechanische Ursachen hin, diese müssen vielmehr anlagemäßig, also genetisch bedingt sein. Aus der Entwicklung des menschlichen Zahnes her wie auch durch die Untersuchungen TROTTs (1962) ist bekannt, daß der Halteapparat bereits vor dem Durchbruch und vor der Belastung auf Belastung ausgerichtet ist und nicht erst unter dieser entsteht. Noch mehr Beispiele geben die vorgeburtlichen Strukturen der Knochen, Knorpel, Bänder u.a.

Da die Wachstumsgeschwindigkeit bei gekürzten und dem Kaudruck nicht ausgesetzten Zähnen erheblich beschleunigt ist, nach WORTMANN (1934) sogar die doppelte Geschwindigkeit erreichen kann, muß der Faserumbau bei ihnen sogar doppelt so rasch wie bei normalen Zähnen erfolgen.

IV. Zusammenfassung

1. Die dauernd wachsenden Schneidezähne von Albinoratten sind an ihrer von Schmelz überzogenen Konvexseite bis nahe distal vom Schmelzepithel bedeckt und dort nicht mit der Umgebung durch Bindegewebsfasern verbunden. An den übrigen Oberflächen des in der Alveole steckenden Zahnes scheinen die Haltefasern an dem zementfreien Dentin zu enden. Ob sich die Fasern dort in das Faserwerk des Dentins fortsetzen, konnte nicht ausreichend geklärt werden. Hingegen sieht man im Alveolarknochen reichlich starke Sharpey'sche Fasern als Fortsetzung der Periodontalfasern und in der gleichen Richtung wie diese.

2. Die Richtung der Haltefasern ist ähnlich wie die am menschlichen Zahn. Die Fasern verlaufen zwischen der Durchbruchsgegend und der Gegend um die Wurzelspitze vom Alveolarknochen zum Zahn entgegen der Wachstumsrichtung. Hierdurch wird der Durck der Kaubelastung in Zug der Fasern umgewandelt. Um die Wurzelspitze ändern die Fasern ihren Verlauf, so daß sie dort an diese selbst auch von proximal nach distal ziehen.

3. Die Winkelrichtung der Faserbündel zur Zahnoberfläche schwankt zwischen 20° und 80° um einen mittleren Wert von 38°. Die Fasern verlaufen zwischen den im Periodontalspalt zahlreichen, knochennah gelegenen Blutgefäßen hindurch; die die Blutgefäße kreuzenden Fasern ziehen um diese herum, behalten aber ihre Vorzugsrichtung bei. Ein "Plexus intermedius", wie ihn SICHER beschreibt, ist nirgends zu finden.

4. Die kontinuierliche Wachstumsverschiebung des Zahnes in der Alveole würde die in 40° Richtung gelegenen Haltefasern bereits nach knapp einem halben Tag über die senkrechte in die entgegengesetzte Richtung umkippen, falls sie nicht innerhalb kürzerer Zeit einer Neuausrichtung unter-

worfen würden. Berechnungen der Wachstumsgeschwindigkeit des Zahnes und der verschiedenen gemessenen Winkelstellungen der Fasern führen zu der Vorstellung, daß innerhalb kurzer Fristen, am wahrscheinlichsten innerhalb weniger Stunden der gesamte Halteapparat erneuert werden muß. Einem längeren Mitwandern der Fasern unter Aufrichtung der Winkel mit gleichzeitiger Verkürzung stehen die zahlreichen Blutgefäße im Wege. Daß aber der Umbau nur in der Region der Blutgefäße erfolge, wie SICHER annimmt, erscheint unwahrscheinlich, zumal in einem breiten Mittelstreifen des Periodontiums die Zellkerne der Bindegewebszellen sehr viel größer gefunden werden als in der dentinnahen und knochennahen Zone. Es ist daher anzunehmen, daß der Umbau fast in der ganzen Breite des Periodontalspaltes erfolgen muß.

5. Bei gekürzten und dadurch dem Kaudruck nicht ausgesetzten Zähnen, die eine größere Wachstumsgeschwindigkeit zeigen, wurde außer dem Eindruck eines größeren Zellreichtums in Wurzelnähe kein abweichender Befund im Periodontium gegenüber normal wachsenden und normal belasteten Zähnen erhoben. Hieraus kann nicht nur abgeleitet werden, daß der Faserumbau dort noch rascher erfolgen muß, sondern auch, daß die Fasern nicht erst auf den mechanischen Reiz des Kaudruckes hin ausgerichtet werden, daß vielmehr deren Richtung genetisch bedingt sein muß.

V. Schrifttum

ADLOFF, P. (1898) Zur Entwicklungsgeschichte des Nagetiergebisses. Jen.Z.Naturw. N.F. 25, 347-410

ALTMANN, K. (1963) Zur Frage der Bauart und mechanischen Beanspruchung mikroskopischer Muskelsehnen. Z.Anat.Entw.gesch. 124, 57-69

BENNINGHOFF, A. (1950) Funktionelle Kernschwellung und Kernschrumpfung. Anat.Nachr. 1, 50-52

v. BRUNN, A. (1891) Beiträge zur Kenntnis der Zahnentwicklung. Arch.mikrosk.Anat. 38, 142-156

DRAEGER, A. (1928) Mikroskopische Bilder zur Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Nagezähne bei der Maus. Korrespond.Bl.Zahnärzte 52, 198-204

EMMEL, L. (1937) Die Herkunft des Schmelzes der erwachsenen Nager Mit Untersuchungen über den Nagezahn von Sciurus vulgaris L. Z.wiss.Zoll. 150, 358-403

ESCHLER, S. (1951) Die Kausalgenese des Paradentiums. Morph.Jb.90, 262-297

FREUND, P. (1892) Beitrag zur Zahnanlage bei Nagetieren. Arch.mikroskop-Anat. 39, 525-554

GANZER, H. (1908) Anatomie und Entwicklung des Gebisses von Meerschweinchen. Diss. Berlin

HOFFMANN, H. (1925) Beiträge zur Entwicklung der Zähne von Lepus cuniculus. Z.mikrosk.anat. Forsch. 2, 366-390

LEHNER, J. und H.PLENK (1932) Die Zähne, in MÖLLENDORF, Hdb.d.mikr.Anat.d.Menschen Bd.5/3, 523

MACH, H. (1925) Über die Fixation von dauernd wachsenden Zähnen. Korresp.Bl.Zahnärzte 49, 49-53 und 70-81

MÖRIKE, K.D. (1954) Das Verhalten des Hyponychiums beim normalen Nagelwachstum. Anat.Anz. 101 Erg.Bd.. 289-293

(1961) Die Ablösungsstelle des Nagels bei seiner chirurgischen Entfernung. Anat.Anz. 109, 241-246

MÖRIKE, K.D. (1962) Die Befestigung des Nagels und seine Ablösung bei der chirurgischen Entfernung. Med.Welt 85-88

ORBAN, B. (1928) Ist das Parodontium eine organische Einheit? Z.Stomat. 24, 145-153

ROETTER, F. (1889) Entwicklung und Wachstum der Schneidezähne bei Mus musculus. Morph.Jb. 15, 157-477

SACHSE, B. (1895) Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung der Schneidezähne bei Mus musculus Dtsch.Monatsschr.Zahnhk. 13, 165-205

SANTONE, P. (1935) Studien über den Aufbau, die Struktur und die Histogenese der Molaren der Säugetiere. Z.mikrosk.-anat.Forsch. 37, 49-100

SICHER, H. (1923) Bau und Funktion der Meerschweinchenmolaren. Z.Stomat. 21, 580-604

(1925) Über die Fixation und das Wachstum dauernd wachsender Zähne. Korrespond. Bl.Zahnärzte 49, 332-336

TROTT, J.R. (1962) The development of the periodontal attachment in the rat.Acta anat. 51 313-328

WENZEL, H. (1868) Untersuchungen über Schmelzorgan und Schneidezähne im besonderen bei dauernd wachsenden Zähnen. Arch.Heilk. 20, 510-535

WORTMANN, A. (1934) Versuche zu den Ursachen der Markhöhlenerweiterung an funktionslosen Nagezähnen des Kaninchens. Diss.Greifswald

L e b e n s l a u f

Als Tochter des Vasilios Konstandinidis und seiner Ehefrau Vasiliki geb. Jarvanidoń, bin ich am 4.Juni 1941 in Xanthi, Griechenland geboren.

Von 1946 bis 1952 besuchte ich die Volksschule Xanthi. 1952 trat ich in das altsprachige Mädchen-Gymnasium in Xanthi ein und legte dort 1958 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1959 wurde ich zum Studium der Zahnheilkunde an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen immatrikuliert. Im Oktober 1961 bestand ich die Zahnärztliche Vorprüfung.

Im Frühjahr 1964, legte ich das Zahnmedizinische Staatsexamen ab.